

Poškození skla



Obsah přednášky

- Odolnost skla.
- Příčiny poškození:
 - a) Mechanické.
 - b) Fyzikální.
 - c) Chemické.



Mechanická poškození

Mechanické poškození je **nejčastější**

- Sklo je **křehké**
- Sklo má vždy určité **vnitřní pnutí**, dané jeho výrobou



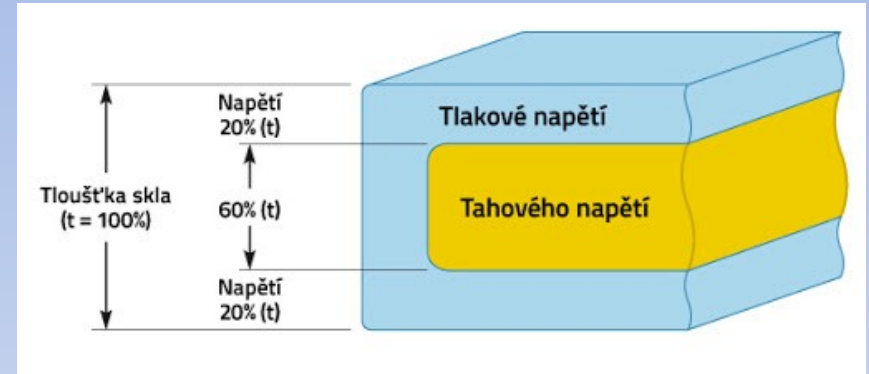
Vnitřní pnutí

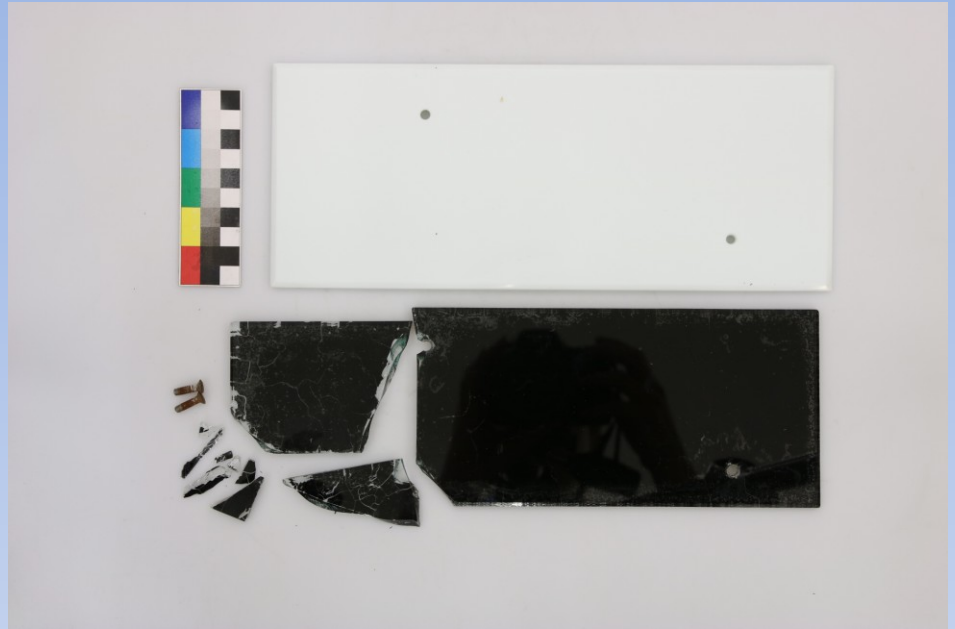
- **Trvalé** – nevychlazené případně chemicky nebo fyzikálně nehomogenní sklo (mezi horní a dolní chladicí teplotou nedojde k ideálnímu strukturnímu postavení molekul, hlavně u kombinace různých skel)
- **Přechodné** – v důsledku mechanického namáhání respektive tepelného gradientu (např. při nevhodné rychlosti chlazení popraská výrobek **během** chlazení)
- Řízeným chlazením se většina pnutí odstraní
- Při nevhodně zkombinovaných sklech či zatavených jiných materiálech nelze odstranit
- U chybně vychlazených kusů pnutí zůstává a i minimální vryp může způsobit praskliny



Tvrzené sklo

- Využití vnitřního pnutí





Odběr vzorků - výstraha

- Pozor na mechanické poškození při odebírání vzorků
- Především u intaktních předmětů
- **Před odštípnutím vzorku je nutné naškrábnout místo zamýšleného lomu nebo vzorek odbrousit**
- Používají se diamantové nástroje (řezáky na sklo, kleště pro mozaikáře, diamantové vrtáky a kotoučky do mikrobrosky)

U tvrzeného skla není možné odebrat vzorek



Fyzikální poškození

- Změny barevnosti – tzv. **solarizace**
- Nejsou fatální, ale prakticky **nevratné**
- Bezbarvé sklo se účinkem UV barví do fialova až hněda

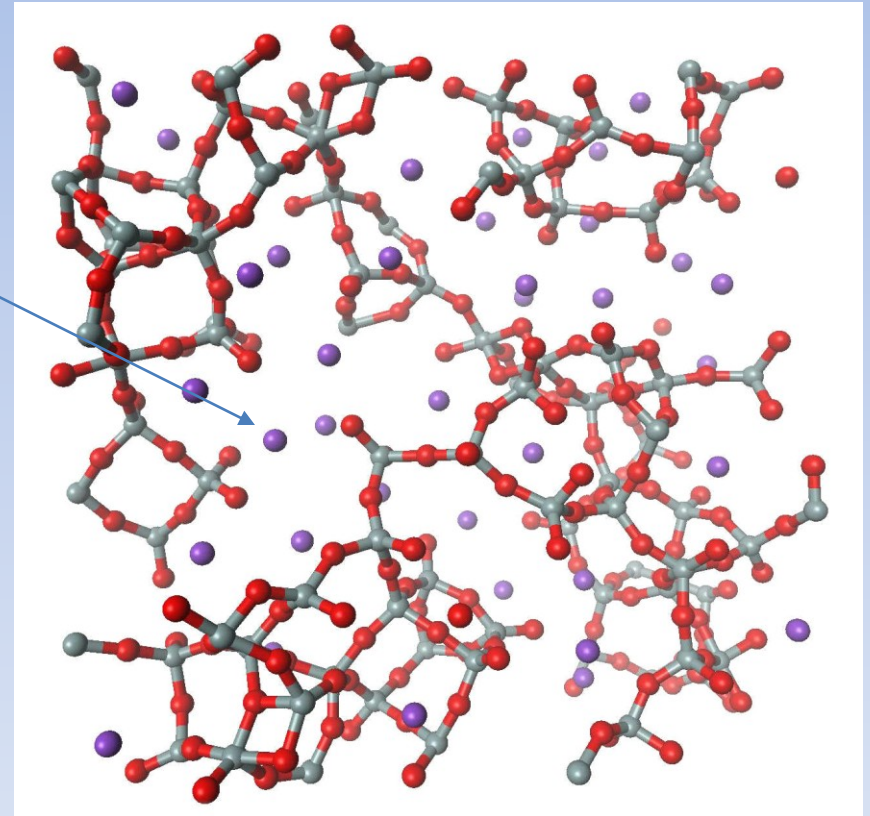
Pro zájemce

- příměs písku - oxidy železa (Fe^{2+}) barví intenzivně zeleno - modro
- odbarvování skla pomocí MnO_2 (barvicí forma Mn^{4+} a Mn^{2+} sv. oranžová) na výslednou sv. šedou
- **UV složka světla** způsobuje, že redox rovnováha se posunuje k Mn^{3+} (barvicí forma Mn^{3+} fialovo hnědá)
- vratná reakce pomocí zahřátí – u historického skla nepoužitelné
- Literatura: Fanderlík I.: Barvení skla, 2010

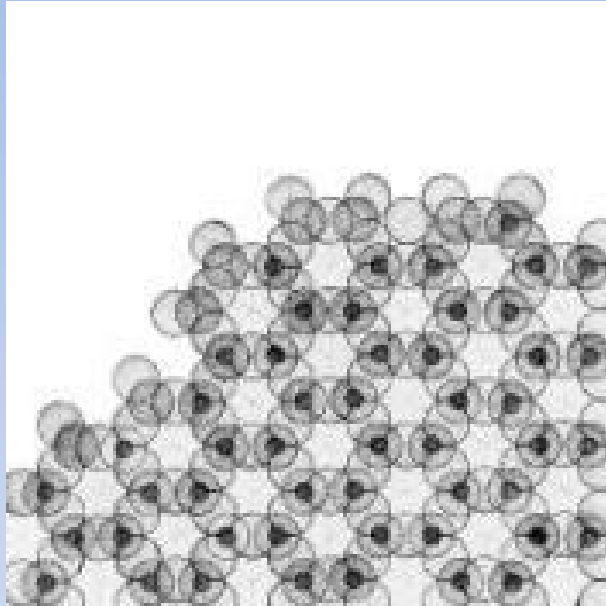


Chemická odolnost skla

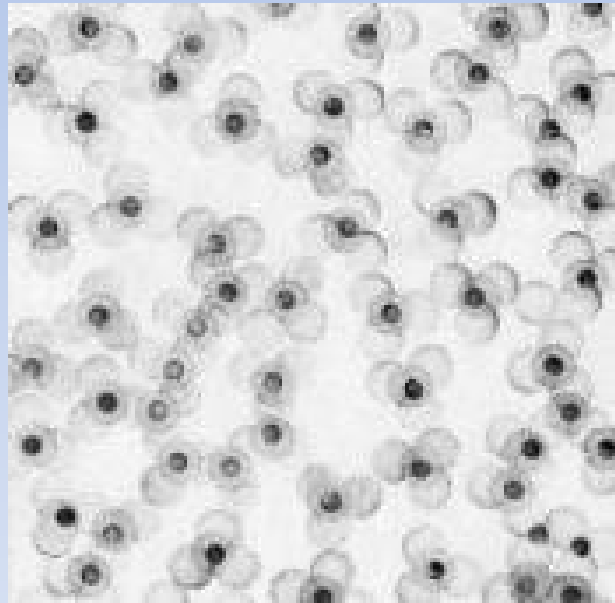
- = odolnost vůči **korózi** skla
- hlavní složka: SiO_2
- Na_2O , K_2O , CaO , BaO , jsou modifikátory, které mřížku skla „rozvolňují“
- jejich přidavkem **klesá teplota tavení**
- ale také **klesá chemická odolnost skla**



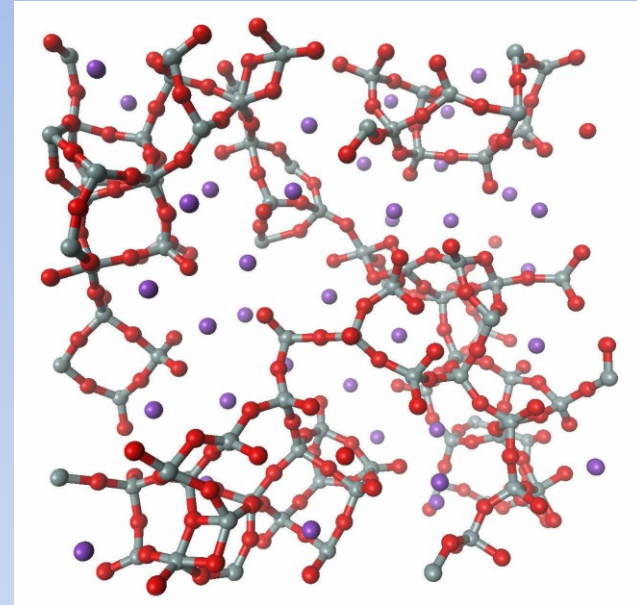
Rozvolnění struktury



Křemen SiO_2



SiO_2 sklo



$\text{K}_2\text{O-SiO}_2$ sklo



Faktory ovlivňující korozi skla

- Chemické složení skla
- Přítomnost H_2O (roztok i vzdušná vlhkost)
- Okolní podmínky (kolísání teploty, RH, pH, S/V- poměr plochy louženého materiálu k objemu loužícího média [cm^{-1}])
- Postupné odstraňování vs. kumulování produktů koroze na povrchu
- Doba působení (t)



Chemická odolnost skla

- **Čím je více taviv, tím je nižší teplota tavení skla, ale i tím méně je sklo odolné**
- Nejvíce odolné křemenné sklo, Simax, atd.
- Nejméně odolné sklářské barvy – malované, zlacené dekory
- Historická skla méně odolná než dnes



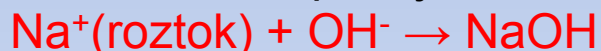
Mechanismus koroze skla

Selektivní (inkongruentní) – louží se do roztoku rozdílnou rychlostí a na rozhraní vzniká látka odlišného chemického složení (loužení vícesložkových skel – alkálií do roztoku)

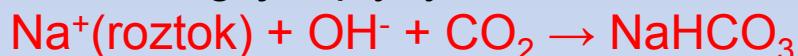
- Vylouhování alkálií výměnou Na^+ za H^+ (H_3O^+)



Alkálie na povrchu reagují s vodou za vzniku vysoce koncentrovaných louhů, které napadají skelnou síť:

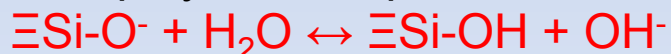


Nebo reagují s plyny:



Celkové (kongruentní) – složky skla se louží do roztoku v poměru v jakém jsou v materiálu

- Úplný rozklad povrchové vrstvy skla (rozpuštění)



V kyselém prostředí je tento děj relativně pomalý

Zpětná precipitace

- Vznik Křemičitanů, uhličitanů, síranů,



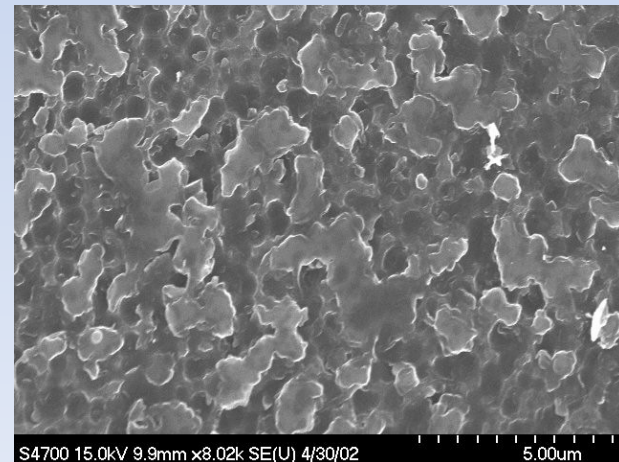
pH roztoků a prostředí

- **Neutrální a kyselé** roztoky louhují z povrchu skla přednostně alkálie (korozní poškození není rozsáhlé pokud je oplach)
- !!! Kromě **HF**, ta sklo koroduje výjimečně rychle (v koncentrované kompletní rozpuštění během minuty)
- **Organické kyseliny** (mravenčí, citrónová, mléčná) působí na sklo velmi korozivně zejména v metabolitech plísní
- **Silně alkalické** roztoky ($\text{pH} \geq 9$) rozpouštějí sklo jako celek poměrně rychle (např. NaOH , NaHCO_3 , Na_2CO_3 , K_3PO_4 , fosforečnany)

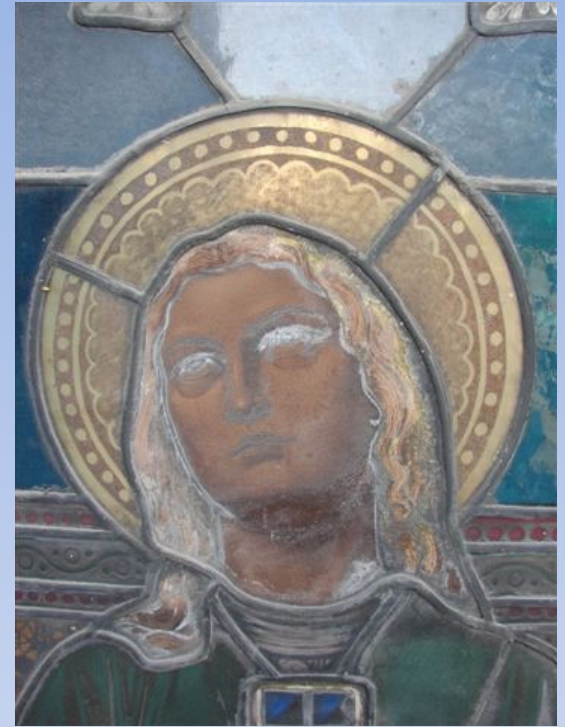


Projevy koroze

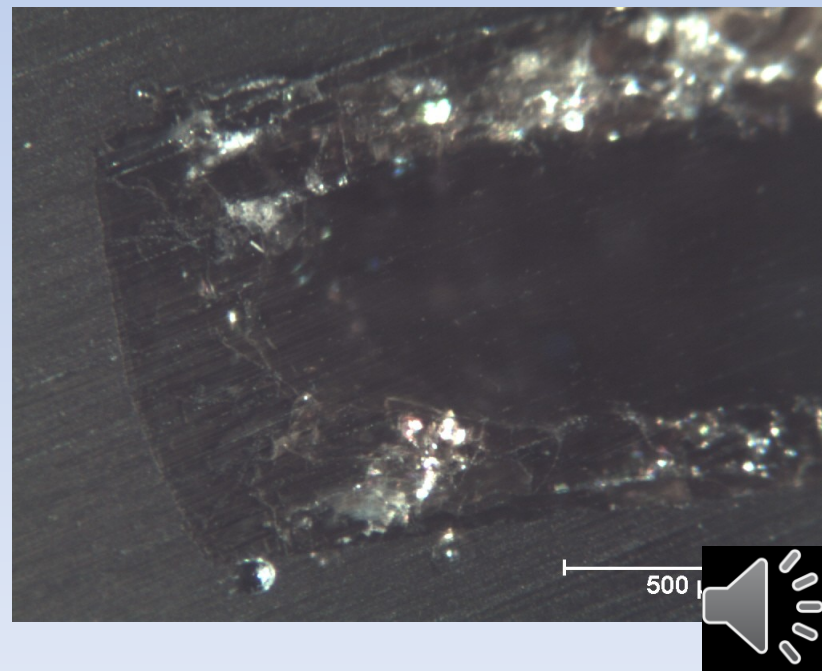
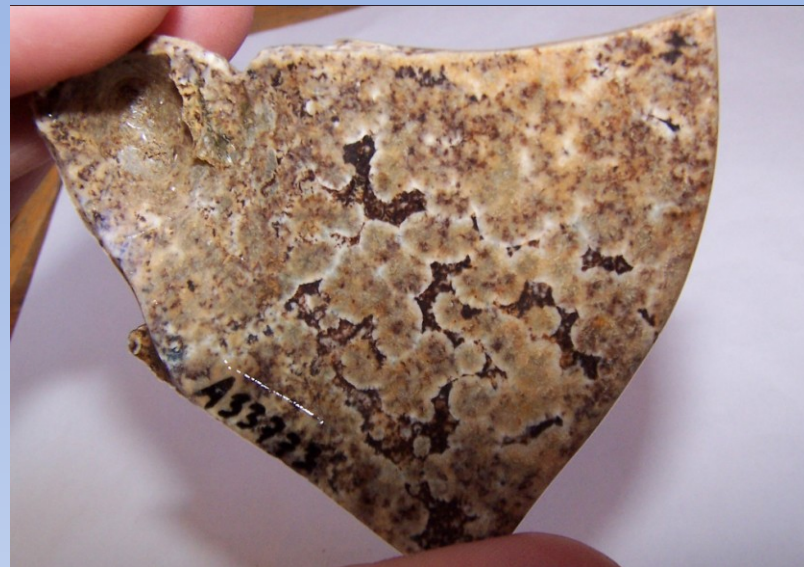
- Povrch skla matní
- Významné vyloužení alkálií
- Vytvořená SiO_2 gelová vrstvička na vzduchu dehydratuje, což se projevuje běláním



- Důlková koroze – převážně na archeologických okenních a vitrážových sklech, vznik prasklinek, od které se kruhovitě šíří (liší se chemickým složením - obsahují MnO a Fe₂O₃)



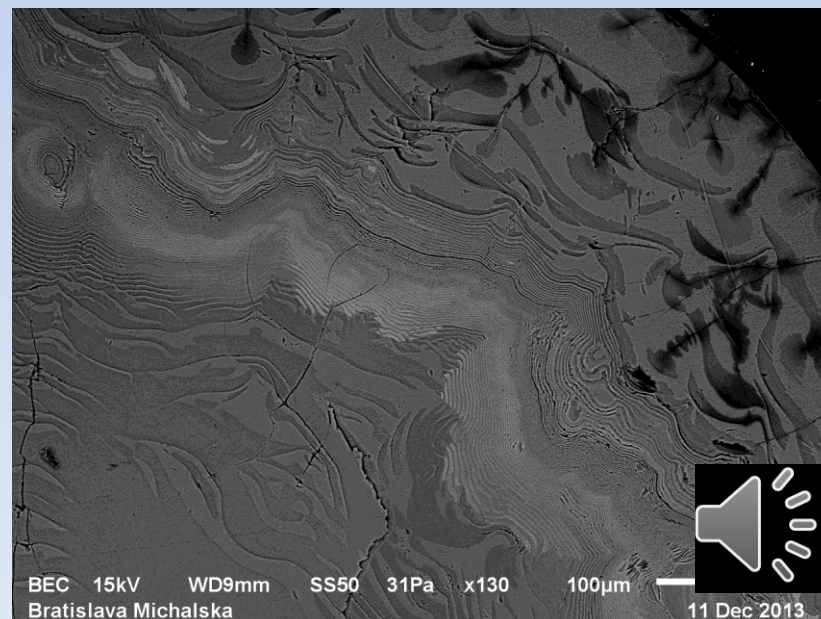
- Vytváření prasklinek které se stále rozšiřují a zanášejí částicemi prachu, zeminy, písku
- Prokorodování skla do hloubky bez zachovaného jádra původního složení
- Povrch zůstává zachován
- Archeologická, především středověká draselná skla



- Vrstvení skla do hloubky, postupná přeměna skla do jeho objemu

Odlupování jednotlivých vrstev, zachované jádro původního materiálu

Především renesanční draselná skla



Okolní prostředí

- Rozdílné pH, RH, teplota, přítomnost anorganických iontů, organických látek, proudění vody, S/V (poměr skleněného povrchu k objemu média) vede k rozdílné míře korozního poškození i u jednoho skleněného předmětu



Koroze skla biologickými činiteli

- **Metabolity mikroorganismů** i **exkrementy** působí silně korozivně
- Sklo samo o sobě obsahuje biologické prvky jako K_2O , CaO , P_2O_5 , stopy Fe a Mn..)
- Významný je obsah **nečistot** z nálezového prostředí (u archeologie ze zeminy atd., dále prach, saze, pot z rukou)
- Živná půda pro mikroorganismy a plísně
- Spolupůsobí „vhodná“ relativní vlhkost, teplota, nerovnosti povrchu





Jak degradaci minimalizovat

- Mechanickou – rozbití - **zabránit pádu, vibracím, jednostranným zdrojům tepla, chybnému odebírání vzorků**
- Biologickou - metabolity plísni produkující organické kyseliny - **nevystavovat vlhkému prostředí a teplotě příznivé pro život plísni, prachu a používat rukavice**
- Chemickou – korozi - **nevystavovat vodě, vlhkosti, výkyvům teploty (kondenzaci vody), exhalacím (obsah SO_2 , CO_2), prachu....**
- Fyzikální - změna barvy, posun oxidačního stupně barvicí složky (Mn^{4+} , $\text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{Mn}^{3+}$) – **nevystavovat UV složce světla**



Děkuji za pozornost

a více v Preventivní konzervaci

